

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Katsuhiko NAKATA et al.

Application No.:

Group Art Unit: Unassigned

Filed: February 10, 2004

Examiner: Unassigned

For: METHOD OF AND APPARATUS FOR OBJECT INTERACTION EXPRESSION, AND
COMPUTER PRODUCT

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s)
herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-043100

Filed: February 20, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: Feb 12, 2004

By: Mark J. Henry

Mark J. Henry
Registration No. 36,162

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 0 日
Date of Application:

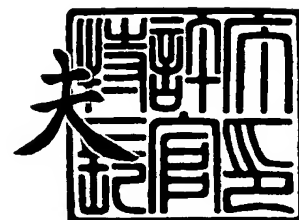
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 3 1 0 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 4 3 1 0 0]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 6 4 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 0253647

【提出日】 平成15年 2月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06N 7/06

【発明の名称】 物体干渉表現装置

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 中田 克彦

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 佐藤 ゆかり

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100089118

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 036711

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9717671

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 物体干渉表現装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置であって、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶手段と、

前記シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算出手段と、

前記表現態様記憶手段によって記憶された表現態様のうち、前記干渉度合算出手段によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御手段と、

を備えたことを特徴とする物体干渉表現装置。

【請求項 2】 前記干渉度合算出手段は、前記複数の物体間の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする請求項 1 に記載の物体干渉表現装置。

【請求項 3】 前記干渉度合算出手段は、前記複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする請求項 2 に記載の物体干渉表現装置。

【請求項 4】 前記表現態様記憶手段は、前記表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付けて記憶すること特徴とする請求項 1 に記載の物体干渉表現装置。

【請求項 5】 前記表現態様記憶手段は、衝突前および／または反発後における前記干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を対応付けて記憶すること特徴とする請求項 4 に記載の物体干渉表現装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置に関し、特に、干渉度合いをユーザに認識させることができる物体干渉表現装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近時、仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置が知られている。かかる物体干渉表現装置は、物体が占有する仮想空間が重複しているか否かを調べて干渉の有無を判断し、衝突した位置のポイントを表示していた。例えば、特許文献1では、CAD/CAM装置において製品と加工具との衝突を表示し、製品を削りすぎたり、削り残したりする不具合を防止する技術が開示されている。

【0003】**【特許文献1】**

特開平10-20918号公報

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記特許文献1の干渉モデルでは、製品と加工具の衝突の有無を表示するに過ぎないので、どの程度削りすぎたか、または削り残したのかをユーザが正確に認識することができないという問題点があった。

【0005】

そこで、この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するためになされたものであり、干渉度合いをユーザに認識させることができる物体干渉表現装置を提供することを目的とする。

【0006】**【課題を解決するための手段】**

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明に係る物体干渉表現装置は、前記複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶手段と、前記シミュレーションによって運

動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算出手段と、前記表現態様記憶手段によって記憶された表現態様のうち、前記干渉度合算出手段によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御手段と、を備えたことを特徴とする。

【0007】

この発明によれば、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶し、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出し、記憶された表現態様のうち、算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて干渉度合いを表現するよう制御することとしたので、複数の物体の干渉度合いをユーザに認識させることができる。

【0008】

また、本発明に係る前記物体干渉表現装置は、請求項1の発明において、前記干渉度合算出手段は、前記複数の物体間の距離に基づいて前記干渉度合いを算出することを特徴とする。

【0009】

この発明によれば、複数の物体間の距離に基づいて干渉度合いを算出することとしたので、複数の物体の干渉度合いを距離に応じてユーザに認識させることができる。

【0010】

また、本発明に係る前記物体干渉表現装置において、前記干渉度合算出手段は、前記複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて前記干渉度合いを算出することを特徴とする。

【0011】

この発明によれば、複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて干渉度合いを算出することとしたので、複数の物体の弾性変形後の干渉度合いをユーザに認識させることができる。

【0012】

また、本発明に係る前記物体干渉表現装置において、前記表現態様記憶手段は、前記表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付け

て記憶することを特徴とする。

【0013】

この発明によれば、表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付けて記憶することとしたので、複数の物体の干渉度合いを多面的にユーザに認識させることができる。

【0014】

また、本発明に係る前記物体干渉表現装置において、前記表現態様記憶手段は、衝突前および／または反発後における前記干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を対応付けて記憶することを特徴とする。

【0015】

この発明によれば、衝突前および／または反発後における干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を記憶することとしたので、衝突前、衝突中、反発後の複数の物体の干渉度合いを直感的にユーザに認識させることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、本発明に係る物体干渉表現装置の好適な実施の形態を詳細に説明する。なお、下記に示す実施の形態1では複数の物体が弾性体であり、かつ複数の物体が衝突した時の変形が弾性変形の領域にあるとみなせる場合の干渉表現について説明し、また実施の形態2では、本発明に係る物体干渉表現プログラムを実行するコンピュータシステムを説明する。最後に、他の実施の形態として弾性体と弾性体とが衝突した時の変形が塑性変形の領域にある場合、弾性体と塑性体とが衝突した場合、および塑性体と塑性体が衝突した場合などの変形例について説明することとする。

【0017】

(実施の形態1)

本実施の形態 1 では、本発明に係る物体干渉表現装置について説明する。なお、ここでは、本実施の形態 1 に係る物体干渉表現装置の概要および主たる特徴を説明した後に、この物体干渉表現装置の構成を説明し、次に、干渉度合いと表現態様の一例について説明し、最後に、物体干渉表現装置の処理手順を説明する。

【0018】

[概要および主たる特徴]

最初に、本実施の形態 1 に係る物体干渉表現装置の概要および主たる特徴を説明する。図 1 は、本実施の形態 1 に係る物体干渉表現装置の構成を示す機能ブロック図である。また、図 2 は、図 1 に示す表現態様記憶部に記憶された干渉度合いと表現態様の一例を説明する説明図である。

【0019】

同図に示す物体干渉表現装置 10 は、概略的には、仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置であり、干渉度合いをユーザに認識させることができることを特徴とする。具体的には、本発明の請求項 1 に係る物体干渉表現装置 10 は、表現態様記憶手段 80 が、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶し（図 2 参照）、干渉度合算出手段 70 は、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出し、表現制御部 90 は、算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて干渉度合いを表現するよう制御する（図 3～図 7 参照）ことを特徴とする。従って、複数の物体がどの程度近づいたか、どの程度めり込んだか、またどの程度離れたかをユーザに認識させることができる。

【0020】

[物体干渉表現装置の構成]

本実施の形態 1 に係る物体干渉表現装置 10 の各部の構成を説明する。図 1 に示すように、物体干渉表現装置 10 は、入力部 20 と、シミュレーション部 30 と、画像出力部 40 と、音出力部 50 と、振動出力部 60 と、干渉度合算出部 70 と、表現態様記憶部 80 と、表現制御部 90 とからなる。

【0021】

入力部 20 は、仮想空間内の物体の座標、属性、状態量などシミュレーション

モデルの作成に必要なデータ、シミュレーション条件、ユーザの要求および指示を入力する装置であり、キーボード、タッチペン、マウスなどからなる。

【0022】

シミュレーション部30は、入力部20から入力された仮想空間内の物体の座標、属性、状態量などのデータに基づいてシミュレーションモデルを作成し、作成されたシミュレーションモデルを用いて物体の運動解析、衝突変形解析などの各種解析シミュレーションを実施する処理部である。

【0023】

具体的には、仮想空間内で運動する複数の物体の運動解析シミュレーションでは、任意の物体の重心に基準座標を置いて複数の物体が観察される。また、基準座標を置いた任意の物体は被衝突物体、それ以外の物体は衝突物体と呼ばれる。つまり、シミュレーション部30は、衝突物体が運動方程式と摩擦や重力などの外力に基づいて運動しながら被衝突物体に近づき、衝突し、また反発するプロセスをシミュレーションする。さらに、シミュレーション部30は、衝突物体が被衝突物体と衝突した場合は、衝突時の衝撃力に基づいて衝突変形解析シミュレーションを行い、弾性変形後の衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離を求める。

【0024】

干渉度合算部70は、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する処理部である。具体的には、複数の物体が衝突する前は、シミュレーション部30によって求められた衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離に基づいて衝突物体表面の任意の点と被衝突物体表面の任意の点との最短距離を算出する。そして、複数の物体が衝突している時は、シミュレーション部30によって求められた弾性変形後の衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離に基づいてめり込み量を算出する。また、反発した後は、シミュレーション部30によって求められた衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離に基づいて衝突物体表面の任意の点と被衝突物体表面の任意の点との最短距離を算出する。

【0025】

画像出力部 40 は、シミュレーション部 30 が行った解析シミュレーションの結果を画像として出力する装置であり、CRT または LCD などである。具体的には、上記の複数の物体の運動解析シミュレーションにおいてシミュレーションされた物体の運動のプロセスを静止画またはアニメーションによって表示する。また、アニメーションの場合は必要に応じて実時間よりも早く表示したり、遅く表示したりすることもできる。

【0026】

音出力部 50 は、解析シミュレーションの結果と同期して衝撃音を出力する装置であり、少なくとも音発生回路とスピーカからなる。具体的には、上記の運動解析シミュレーションにおいて物体と物体が衝突した場合に、衝突する物体の材質や干渉度合いに応じて衝撃音を変えて出力する。例えば、同じ材質の物体が衝突した場合の衝撃音データを記憶装置に記憶しておき、そのデータをデジタル・アナログ変換してスピーカで再生する。

【0027】

振動出力部 60 は、解析シミュレーションの結果と同期して振動を出力する装置であり、少なくとも振動発生回路および振動発生モータからなる。具体的には、上記の運動解析シミュレーションにおいて複数の物体が衝突した場合に、マウスの内部に取り付けられた振動発生モータを駆動し、衝突する物体の材質や干渉度合いに応じて振動の強さを変えて出力する。例えば、同じ材質の物体が衝突した場合の振動データを記憶装置に記憶しておき、その振動データをデジタル・アナログ変換して振動発生モータで再生する。

【0028】

表現態様記憶部 80 は、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する記憶部である。具体的には、視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様に対応付けて記憶する。

【0029】

例えば、衝突前および／または反発後における干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を記憶する。表現態様記憶部

80については、別途さらに詳細に説明する（図2参照）。

【0030】

表現制御部90は、物体干渉表現装置全体を制御する制御部であり、表現態様記憶部80によって記憶された表現態様のうち、干渉度合算部70によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて、画像出力部40、音出力部50、振動出力部60がそれぞれ干渉度合いを表現するように制御する。表現制御部90については、別途さらに詳細に説明する（図3～図7参照）。

【0031】

[干渉度合いと表現態様の一例]

次に、図1に示す表現態様記憶部80に記憶された干渉度合いと表現態様の一例について説明する。図3から図7は、それぞれ図2に示す衝突後の衝撃波形、衝撃波アニメーション、色の変化、衝撃音および振動の一例を示す図である。

【0032】

図2（a）に示すように、複数の物体の衝突前、反発後の干渉度合いは、衝突物体表面の任意の点と被衝突物体表面の任意の点との最短距離である。表現態様記憶部80は、この最短距離に対応付けて衝突物体と被衝突物体の色を記憶する。従って、表現制御部90は、衝突物体と被衝突物体が1.5mmを超えて離れている場合は、画像出力部40が衝突物体の色を紫色、被衝突物体の色を黄色で表現し、衝突物体が被衝突物体に近づくにつれて、衝突物体の色を変化するように制御する。

【0033】

具体的には、図2（a）に示すように、表現制御部90は、衝突物体が被衝突物体に1.5mm、1.0mm、0.5mmと近づくにつれ衝突物体の色が紫色から青色、緑色、黄緑色に変化し、衝突物体が被衝突物体と接触すると黄色に変化するように制御する。また、表現制御部90は、反発した衝突物体が被衝突物体から0.5mm、1.0mm、1.5mmと離れるにつれて衝突物体の色が黄色から黄緑色、緑色、青色に変化し、1.5mmを超えて離れると元の紫色に変化するように制御する。

【0034】

これに対して、図 2（b）に示すように複数の物体が衝突中の干渉度合いは、衝突物体が被衝突物体にどの程度の距離めり込んだかを示すめり込み量で表す。このめり込み量は、衝突に係る物体の属性と衝突の衝撃の大きさに依存する量である。一般的に、弾性変形領域では衝突の衝撃が小さい場合は、正弦波の単波が現れ、衝撃が中位になると正弦半波が現れ、さらに衝撃が大きくなると矩形波が現れる。

【0035】

つまり、めり込み量の、大、中、小は、衝突の衝撃の、大、中、小に対応するので、表現態様記憶部 80 は、めり込み量の、大、中、小に応じて、矩形波、正弦半波、正弦波の単波を記憶し、表現制御部 90 は、画像出力部 40 がめり込み量に応じて矩形波、正弦半波、正弦波の単波を表現するように制御する（図 3 参照）。

【0036】

このように、衝撃の大小により発生する衝撃波形は、製品の設計者・開発者によってよく知られている。よって、衝撃の度合いをこのような態様で表現することは設計者・開発者がその度合いを直感的に理解することを可能とし、特に、製品の設計および開発において有効である。

【0037】

また、表現制御部 90 は、衝突時の衝撃の視覚的表現態様として、衝撃波形の代わりに衝撃波アニメーションを画像出力部 40 が表現するように制御することもできる（図 4 参照）。この場合、表現態様記憶部 80 は、干渉度合いに対応付けて大振幅、中振幅、小振幅の正弦波を記憶する。さらに、別の視覚的表現態様として、表現制御部 90 は、画像出力部 40 が色の変化を表現するように制御する（図 5 参照）。この場合、表現態様記憶部 80 は、干渉度合いに応じて衝突物体および被衝突物体を黄色、橙色、赤色に変化するように記憶する。

【0038】

また、表現制御部 90 は、衝突時の衝撃の聴覚的表現態様および触覚的表現態様として、音主力部 50 および振動出力部 60 がそれぞれ衝撃音および振動を表現するように制御する（図 6 および図 7 参照）。この場合、表現態様記憶部 80 は、衝突の衝撃が、大、中、小の場合の実際の衝撃音および振動のデータを記憶す

る。

【0039】

[物体干渉表現装置の処理手順]

次に、図1に示す物体干渉表現装置10の処理手順のフローについて説明する。図8は、図1に示す物体干渉表現装置10の処理手順のフローを示すフローチャートである。

【0040】

最初に、シミュレーション部30は、衝突物体に加速度を付与し、衝突前の運動解析シミュレーションを開始する（ステップS301～ステップS302）。このときの衝突物体の色は紫色で、被衝突物体の色は黄色である。そして、干渉度合算出部70は、シミュレーション部30によって求められた衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離に基づいて衝突物体表面の任意の点と被衝突物体表面の任意の点との最短距離を算出し（ステップS303）、表現制御部90は、最短距離に応じて衝突物体の色が変化するように制御する（ステップS304）。

【0041】

具体的には、表現制御部90は、衝突物体が被衝突物体に1.5mm、1.0mm、0.5mmと近づくにつれ、衝突物体の色を紫色から青色、緑色、黄緑色に変化し、衝突物体が被衝突物体と接触すると、同じ黄色になるよう制御する。

【0042】

また、表現制御部90は、衝突物体が被衝突物体に衝突したか否かを調べる（ステップS305）。その結果、衝突物体が被衝突物体と衝突しなかった場合は、衝突物体色はそのままの色を保つ（ステップS305否定）。

【0043】

これに対して、衝突物体が被衝突物体と衝突した場合は（ステップS305肯定）、シミュレーション部30は、衝突変形解析シミュレーションを開始する。そして、干渉度合算出部70は、シミュレーション部30によって求められた弾性変形後の衝突物体の重心と被衝突物体の重心との相対距離に基づいてめり込み量を算出し（ステップS307）、表現制御部90は、めり込み量に応じて衝突

の衝撃の度合いを衝撃波形、色、衝撃音および振動で表現するよう制御する（ステップ S 3 0 8）。

【 0 0 4 4 】

具体的には、めり込み量が小の場合は、表示制御部 9 0 は、正弦波の単波を画像出力部 4 0 に表示し、衝突物体および被衝突物体の色を黄色で表示し、小音および微振動を音主力部 5 0 および振動出力部 6 0 で再生するよう制御する。また、めり込み量が中の場合は、表現制御部 9 0 は、正弦波の半波を画像出力部 4 0 に表示し、衝突物体および被衝突物体の色を橙色で表示し、中音および中振動を音主力部 5 0 および振動出力部 6 0 で再生するよう制御する。さらに、めり込み量が大の場合は、表現制御部 9 0 は、矩形波を画像出力部 4 0 に表示し、衝突物体および被衝突物体の色を赤色で表示し、大音および大振動を音主力部 5 0 および振動出力部 6 0 で再生するよう制御する。

【 0 0 4 5 】

物体の衝突が終わると、シミュレーション部 3 0 は、反発後の運動解析シミュレーションを開始し（ステップ S 3 1 3）、干渉度合算出部 7 0 は、最短距離を算出し（ステップ S 3 1 4）、表現制御部 9 0 は、最短距離に応じて衝突物体の色が変化するよう制御する（ステップ S 3 1 5）。

【 0 0 4 6 】

具体的には、表現制御部 9 0 は、反発した衝突物体と被衝突物体が 0. 5 mm、1. 0 mm、1. 5 mm と離れるにつれて、衝突物体の色を黄色から黄緑色、緑色、青色に変化し、1. 5 mm を超えて離れると、元の紫色に戻るよう制御する。

【 0 0 4 7 】

以上のように、表現態様記憶手段 8 0 が、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶し（図 2 参照）、干渉度合算出手段 7 0 は、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出し、表現制御部 9 0 は、算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて干渉度合いを表現するよう制御する（図 3 ～ 図 7 参照）こととしたので、複数の物体がどの程度近づいたか、どの程度めり込んだか、またどの程度離れたかを

ユーザに認識させることができる。

【0048】

(実施の形態2)

ところで、上記実施の形態1で説明した物体干渉表現装置および物体干渉表現方法は、あらかじめ用意されたプログラムをパーソナル・コンピュータやワークステーションなどのコンピュータシステムで実行することによって実現することができる。そこで、本実施の形態2では、上記実施の形態1で説明した物体干渉表現装置と同様の機能を有する物体干渉表現プログラムを実行するコンピュータシステムについて説明する。

【0049】

図9は、本実施の形態2に係るコンピュータシステムの構成を示すシステム構成図であり、図10は、このコンピュータシステムにおける本体部の構成を示すブロック図である。図9に示すように、本実施の形態2に係るコンピュータシステム100は、本体部101と、本体部101からの指示によって表示画面102aに画像などの情報を表示するためのディスプレイ102と、このコンピュータシステム100に種々の情報を入力するためのキーボード103と、ディスプレイ102の表示画面102a上の任意の位置を指定するためのマウス104とを備える。

【0050】

また、このコンピュータシステム100における本体部101は、図10に示すように、CPU121と、RAM122と、ROM123と、ハードディスクドライブ(HDD)124と、CD-ROM109を受け入れるCD-ROMドライブ125と、フレキシブルディスク(FD)108を受け入れるFDドライブ126と、ディスプレイ102、キーボード103並びにマウス104を接続するI/Oインターフェース127と、ローカルエリアネットワークまたは広域エリアネットワーク(LAN/WAN)106に接続するLANインターフェース128とを備える。

【0051】

さらに、このコンピュータシステム100には、インターネットなどの公衆回

線 107 に接続するためのモデム 105 が接続されるとともに、LAN インターフェース 128 および LAN/WAN 106 を介して、他のコンピュータシステム（PC）111、サーバ 112 並びにプリンタ 113 などが接続される。

【0052】

そして、このコンピュータシステム 100 は、所定の記録媒体に記録された物体干渉表現プログラムを読み出して実行することで物体干渉表現装置を実現する。ここで、所定の記録媒体とは、フレキシブルディスク（FD）108、CD-ROM 109、MO ディスク、DVD ディスク、光磁気ディスク、IC カードなどの「可搬用の物理媒体」の他に、コンピュータシステム 100 の内外に備えられるハードディスクドライブ（HDD）124 や、RAM 122、ROM 123 などの「固定用の物理媒体」、さらに、モデム 105 を介して接続される公衆回線 107 や、他のコンピュータシステム 111 並びにサーバ 112 が接続される LAN/WAN 106 などのように、プログラムの送信に際して短期にプログラムを保持する「通信媒体」など、コンピュータシステム 100 によって読み取り可能な物体干渉表現プログラムを記録する、あらゆる記録媒体を含むものである。

【0053】

すなわち、物体干渉表現プログラムは、上記した「可搬用の物理媒体」、「固定用の物理媒体」、「通信媒体」などの記録媒体に、コンピュータ読み取り可能に記録されるものであり、コンピュータシステム 100 は、このような記録媒体から物体干渉表現プログラムを読み出して実行することで物体干渉表現装置および物体干渉表現方法を実現する。なお、物体干渉表現プログラムは、コンピュータシステム 100 によって実行されることに限定されるものではなく、他のコンピュータシステム 111 またはサーバ 112 が物体干渉表現プログラムを実行する場合や、これらが協働して物体干渉表現プログラムを実行するような場合にも、本発明を同様に適用することができる。

【0054】

（他の実施の形態）

さて、これまで本発明の実施の形態 1 および 2 について説明したが、本発明は

上述した実施の形態 1 および 2 以外にも、上記特許請求の範囲に記載した技術的思想の範囲内において種々の異なる実施の形態にて実施されてもよいものである。

【0055】

例えば、本発明の表現態様は図 2 に限定されるものではなく、最短距離と色を必要に応じて自由に対応付けることができる。また、色だけではなく聴覚的表現態様または触覚的表現態様と組み合わせて干渉度合いを表現することもできる。例えば、複数の物体が近づくにつれ距離に応じて色の変化、音、振動などにより表現することもできる。

【0056】

また、本実施の形態 1 では、複数の物体が衝突した時の変形が弾性変形の領域にあるとみなせる場合の干渉度合いの表現について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、複数の物体が衝突した場合の変形が塑性変形の領域にある場合の干渉度合いを表現することもできる。さらに複数の物体の一方が弾性体であり、他方が塑性体である場合や複数の物体が塑性体である場合の干渉度合いを表現することもできる。例えば、塑性物体と塑性物体が衝突して両者が一体となってしまうような場合の干渉度合いを表現することもできる。

【0057】

また、本実施の形態 1 では、複数の物体が弾性変形する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、複数の物体の温度差が大きい場合に温度差も考慮して複数の物体の干渉度合いを視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様に対応付けて表現することもできる。例えば、低温の衝突物体が高温の被衝突物体に近づいていく場合に、衝突物体の温度が上昇する度合いを色で表現することもできる。

【0058】

また、本実施の形態において説明した各処理のうち、自動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を手動的におこなうこともでき、あるいは、手動的におこなわれるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的におこなうこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理

手順、制御手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報（例えば図 2）については、特記する場合を除いて任意に変更することができる。

【0059】

また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置（物体干渉表現装置）の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。さらに、各装置にて行なわれる各処理機能は、その全部または任意の一部が、CPUおよび当該CPUにて解析実行されるプログラムにて実現され、あるいは、ワイヤードロジックによるハードウェアとして実現され得る。

【0060】

（付記 1）仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置であって、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶手段と、

前記シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算手段と、

前記表現態様記憶手段によって記憶された表現態様のうち、前記干渉度合算手段によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御手段と、

を備えたことを特徴とする物体干渉表現装置。

【0061】

（付記 2）前記干渉度合算手段は、前記複数の物体間の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする付記 1 に記載の物体干渉表現装置。

【0062】

（付記 3）前記干渉度合算手段は、前記複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする付記 2 に記載の物体干渉表現装置。

【0063】

(付記4) 前記表現態様記憶手段は、前記表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付けて記憶することを特徴とする付記1に記載の物体干渉表現装置。

【0064】

(付記5) 前記表現態様記憶手段は、衝突前および／または反発後における前記干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を対応付けて記憶することを特徴とする付記4に記載の物体干渉表現装置。

【0065】

(付記6) 仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現方法であって、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶工程と、

前記シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算出工程と、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するのに対応付けて記憶された表現態様のうち、前記干渉度合算出工程によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御工程と、

を含んだことを特徴とする物体干渉表現方法。

【0066】

(付記7) 前記干渉度合算出工程は、前記複数の物体間の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする付記6に記載の物体干渉表現方法。

【0067】

(付記8) 前記干渉度合算出工程は、前記複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて前記干渉度合いを算出することを特徴とする付記7に記載の物体干渉表現方法。

【0068】

(付記9) 前記表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を

対応付けて記憶されていることを特徴とする付記 6 に記載の物体干渉表現方法。

【0069】

(付記 10) 衝突前および／または反発後における前記干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を対応付けて記憶されていることを特徴とする付記 9 に記載の物体干渉表現方法。

【0070】

(付記 11) 仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現プログラムであって、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶手順と、

前記シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算出手順と、

物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するために対応付けて記憶された表現態様のうち、前記干渉度合算出手順によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御手順と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体干渉表現プログラム。

【0071】

(付記 12) 前記干渉度合算出手順は、前記複数の物体間の距離に基づいて前記干渉度合いを算出すること特徴とする付記 11 に記載の物体干渉表現プログラム。

【0072】

(付記 13) 前記干渉度合算出手順は、前記複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて前記干渉度合いを算出することを特徴とする付記 12 に記載の物体干渉表現プログラム。

【0073】

(付記 14) 前記表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付けて記憶されていることを特徴とする付記 11 に記載の物体干渉表現プログラム。

【0074】

(付記15) 衝突前および／または反発後における前記干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を対応つけて記憶されていることを特徴とする付記14に記載の物体干渉表現プログラム。

【0075】

(付記16) 前記複数の物体は、製品の構成要素であり、前記各干渉度合いを表現するための表現態様は、該製品の設計者が当該度合いを理解しうる態様で構成したことを特徴とする付記1に記載の物体干渉表現装置。

【0076】**【発明の効果】**

以上説明したように、請求項1の発明によれば、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶し、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出し、記憶された表現態様のうち、算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて干渉度合いを表現するよう制御するよう構成したので、複数の物体の干渉度合いをユーザに認識させることができる。

【0077】

また、請求項2の発明によれば、複数の物体間の距離に基づいて干渉度合いを算出するよう構成したので、複数の物体の干渉度合いを距離に応じてユーザに認識させることができる。

【0078】

また、請求項3の発明によれば、複数の物体の弾性変形後の距離に基づいて干渉度合いを算出するよう構成したので、複数の物体の弾性変形後の干渉度合いをユーザに認識させることができる。

【0079】

また、請求項4の発明によれば、表現態様として視覚、聴覚および／または触覚に係る表現態様を対応付けて記憶するよう構成したので、複数の物体の干渉度合いを多面的にユーザに認識させることができる。

【 0 0 8 0 】

また、請求項 5 の発明によれば、衝突前および／または反発後における干渉度合いを色の変化で表現した表現態様と、衝突中の該干渉度合いを衝撃波形、衝撃波アニメーション、色、衝撃音および／または振動によって表現した表現態様を記憶するよう構成したので、衝突前、衝突中、反発後の複数の物体の干渉度合いを直感的にユーザに認識させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態 1 に係る物体干渉表現装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図 2】

図 1 に示す表現態様記憶部に記憶された干渉度合いと表現態様の一例を説明する説明図である。

【図 3】

図 2 に示す衝突後の衝撃波形の一例を示す図である。

【図 4】

図 2 に示す衝突後の衝撃波アニメーションの一例を示す図である。

【図 5】

図 2 に示す衝突後の色の変化の一例を示す図である。

【図 6】

図 2 に示す衝突後の衝撃音の一例を示す図である。

【図 7】

図 2 に示す衝突後の振動の一例を示す図である。

【図 8】

図 1 に示す物体干渉表現装置の処理手順のフローを示すフローチャートである。

【図 9】

本実施の形態 2 に係るコンピュータシステムの構成を示すシステム構成図である。

【図 1 0】

図 9 に示したコンピュータシステムにおける本体部の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

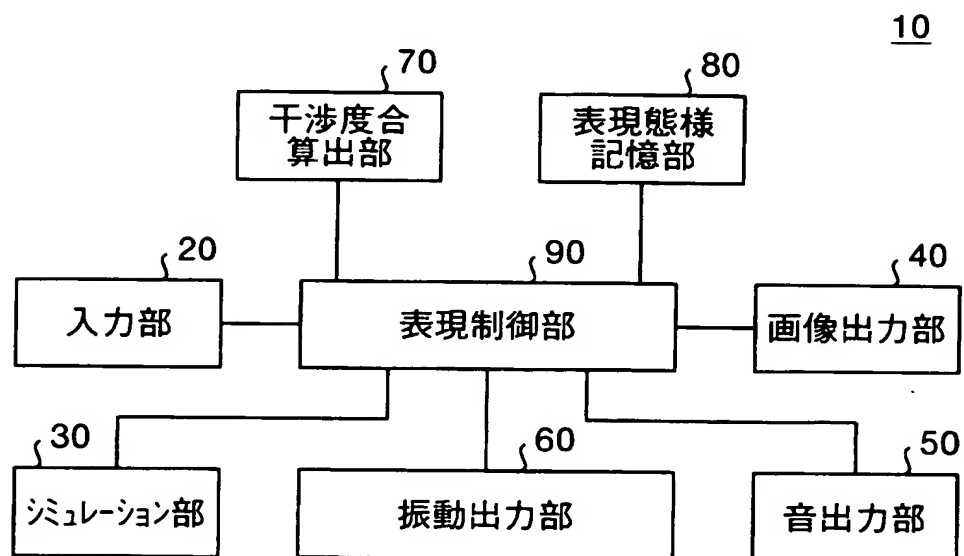
- 1 0 物体干渉表現装置
- 2 0 入力部
- 3 0 シミュレーション部
- 4 0 画像出力部
- 5 0 音出力部
- 6 0 振動出力部
- 7 0 干渉度合算出部
- 8 0 表現態様記憶部
- 9 0 表現制御部
- 1 0 0 コンピュータシステム
- 1 0 1 本体部
- 1 0 2 ディスプレイ
- 1 0 2 a 表示画面
- 1 0 3 キーボード
- 1 0 4 マウス
- 1 0 5 モデム
- 1 0 6 ローカルエリアネットワークまたは広域エリアネットワーク (L A.
N/WAN)
- 1 0 7 公衆回線
- 1 0 8 フレキシブルディスク (F D)
- 1 0 9 C D - R O M
- 1 1 1 他のコンピュータシステム (P C)
- 1 1 2 サーバ
- 1 1 3 プリンタ
- 1 2 1 C P U
- 1 2 2 R A M

- 1 2 3 R O M
- 1 2 4 ハードディスクドライブ (H D D)
- 1 2 5 C D - R O Mドライブ
- 1 2 6 F Dドライブ
- 1 2 7 I / Oインターフェース
- 1 2 8 L A Nインターフェース

【書類名】 図面

【図 1】

本実施の形態1に係る
物体干渉表現装置の構成を示す機能ブロック図



【図 2】

図 1 に示す表現態様記憶部に記憶された干渉度合いと表現態様の一例を説明する説明図

(a) 衝突前、反発後の干渉度合いと表現態様

干渉度合い	表現態様	
	衝突物体の色	被衝突物体の色
1.5mm<最短距離	紫色	黄色
1.0mm<最短距離≤1.5mm	青色	黄色
0.5mm<最短距離≤1.0mm	緑色	黄色
0<最短距離≤0.5mm	黄緑色	黄色
最短距離=0.0mm	黄色	黄色

(b) 衝突中の干渉度合いと表現態様

干渉度合い	表現態様				
	衝動波形	アニメーション	色	衝撃音	振動
めり込み量 小	正弦波単波	小振幅正弦波	黄色	小音	微振動
めり込み量 中	正弦半波	中振幅正弦波	橙色	中音	中振動
めり込み量 大	矩形波	大振幅正弦波	赤色	大音	大振動

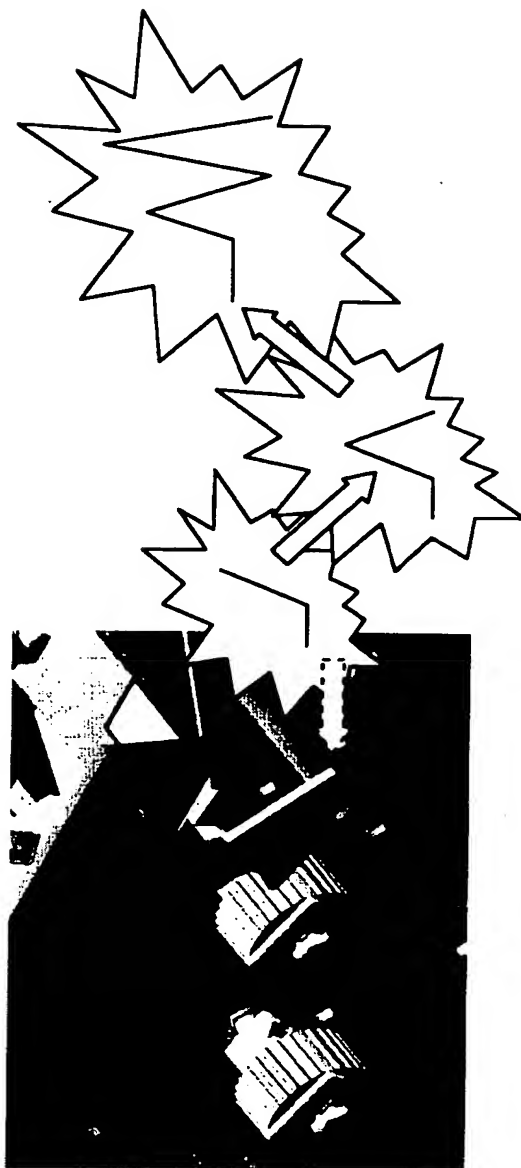
【図 3】

図 2 に示す衝突後の衝撃波形の一例を示す図



【図 4】

図 2 に示す衝突後の衝撃波アニメーションの一例を示す図



【図 5】

図 2 に示す衝突後の色の变化の一例を示す図



黄色 → 橙色 → 赤色 と変化

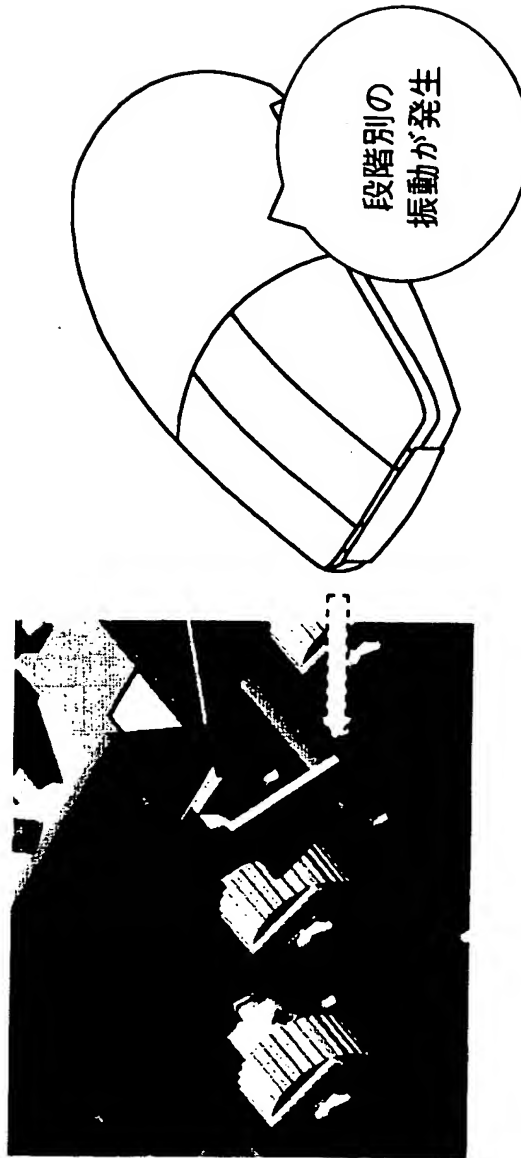
【図 6】

図 2 に示す衝突後の衝撃音の一例を示す図



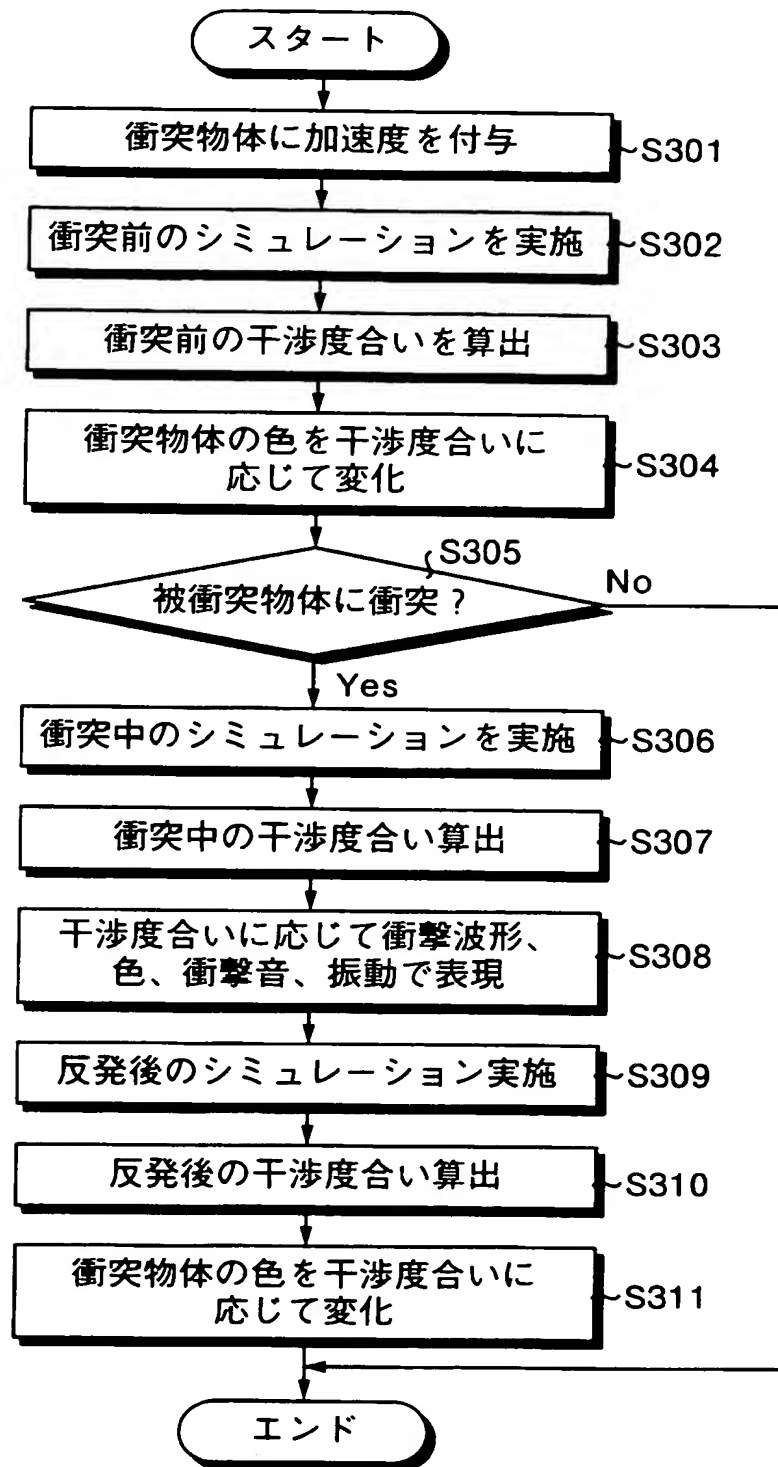
【図 7】

図 2 に示す衝突後の振動の一例を示す図



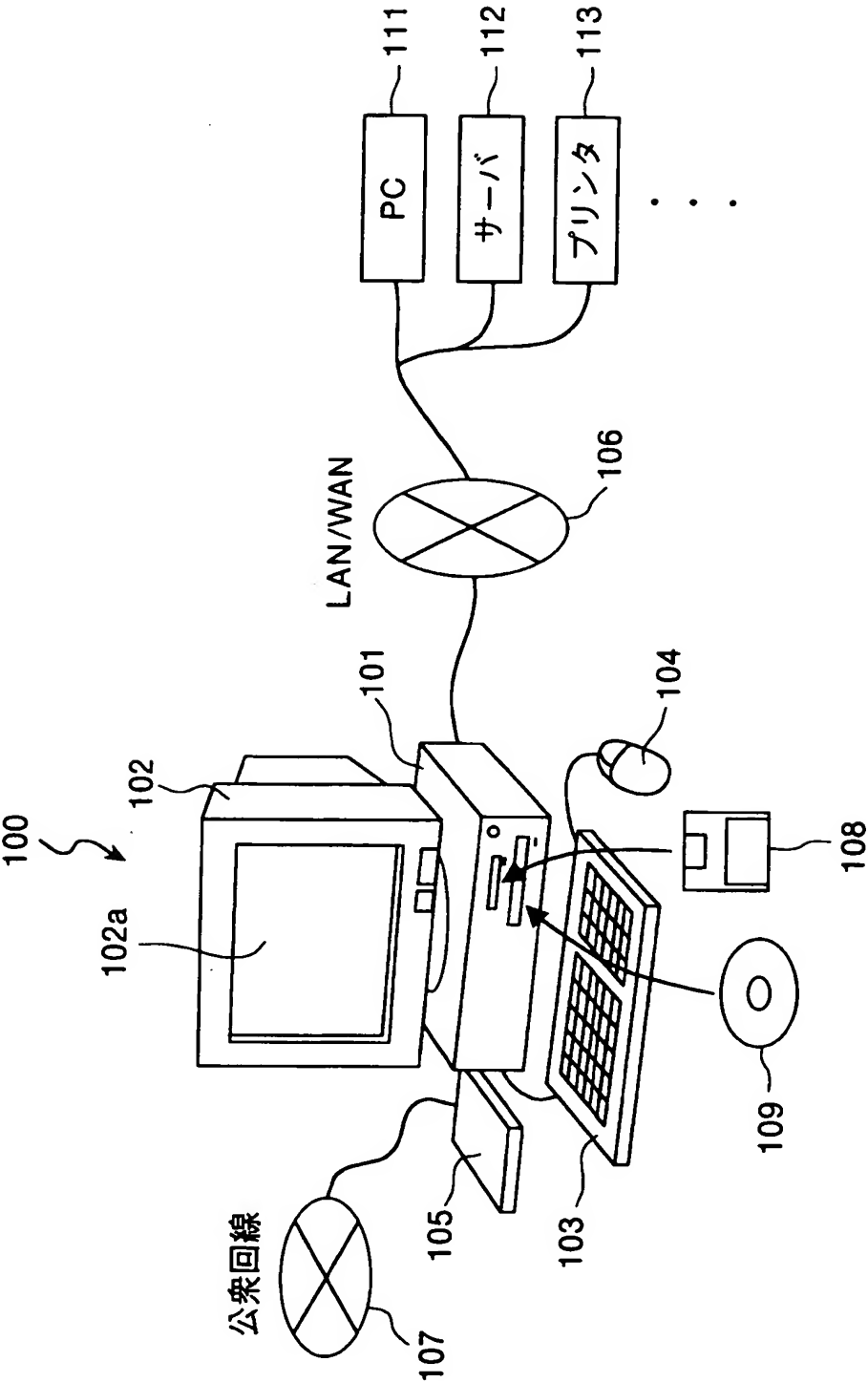
【図 8】

図 1 示す物体干渉表現装置の
処理手順のフローを示すフローチャート

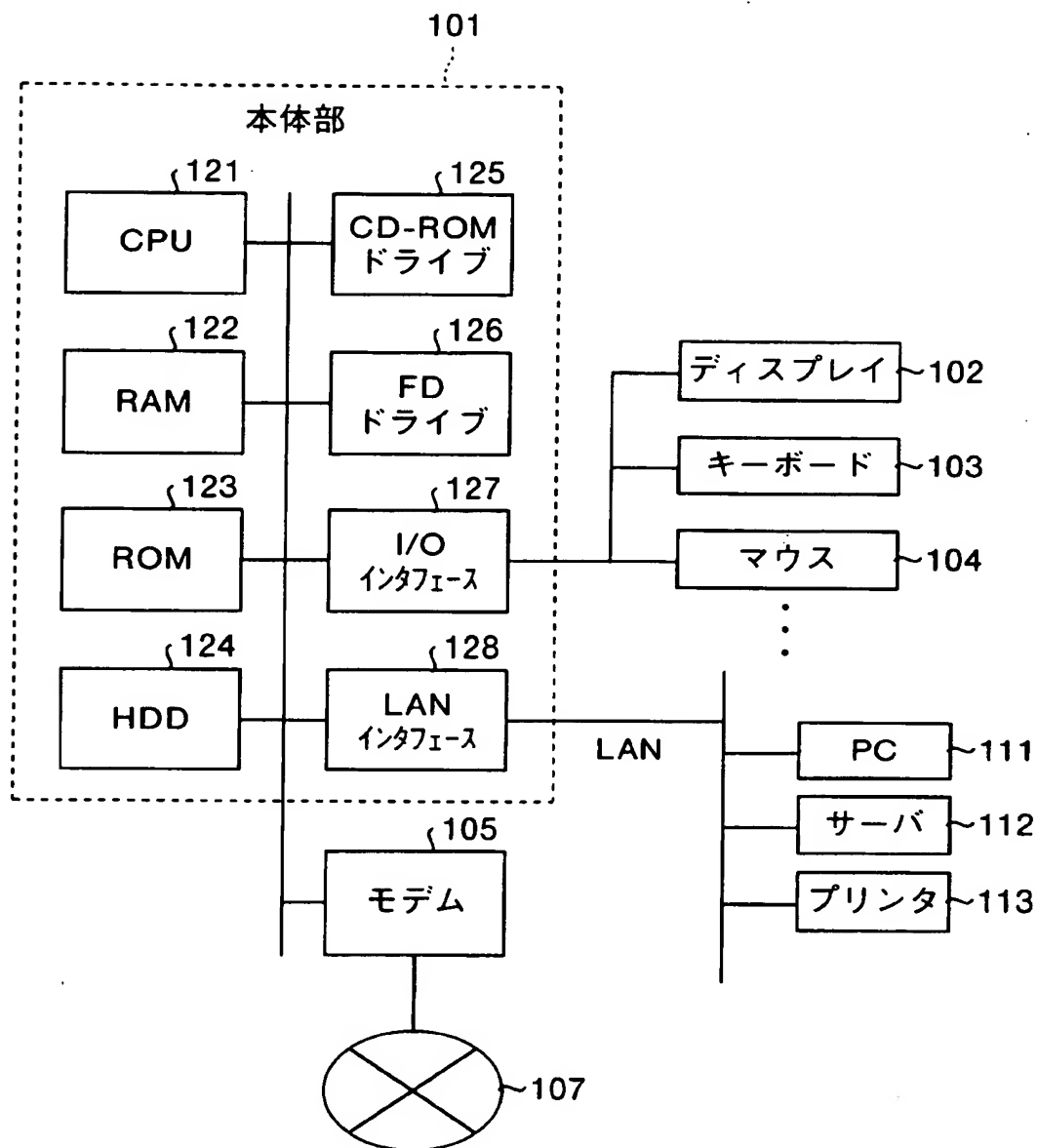


【図 9】

本実施の形態2に係るコンピュータシステムの構成を示すシステム構成図



【図 10】

図 9 に示したコンピュータシステムにおける
本体部の構成を示すブロック図

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の物体の干渉度合いに対応する表現態様を用いて干渉度合いをユーザに認識させること。

【解決手段】 仮想空間内でシミュレーションによって運動する複数の物体の干渉を表現する物体干渉表現装置であって、複数の物体の干渉度合いごとに、各干渉度合いを表現するための表現態様を対応付けて記憶する表現態様記憶部 8 0 と、シミュレーションによって運動する複数の物体の干渉度合いを算出する干渉度合算出部 7 0 と、表現態様記憶部 8 0 によって記憶された表現態様のうち、干渉度合算出部 7 0 によって算出された干渉度合いに対応する表現態様を用いて該干渉度合いを表現するよう制御する表現制御部 9 0 とを備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 4 3 1 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社